

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-339848  
 (43)Date of publication of application : 22.12.1998

---

(51)Int.CI. G02B 27/28

---

(21)Application number : 09-149087 (71)Applicant : TDK CORP  
 (22)Date of filing : 06.06.1997 (72)Inventor : IWATSUKA SHINJI

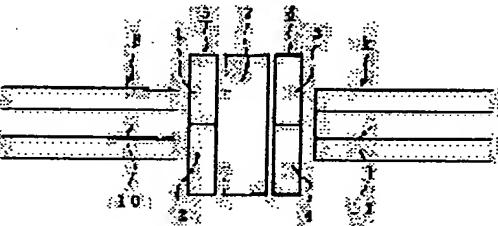
---

**(54) POLARIZATION INDEPENDENT OPTICAL ISOLATOR**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical isolator having a low loss, no polarization dependency and no lens andunnecessitating optical adjustment by a quite new constitution of elements.

**SOLUTION:** A first birefringent element 5 having a first and a second regions 1, 2. Faraday rotator 7 and a second birefringent element 6 having a third and a fourth regions 3, 4 are inserted between a first and a second single mode optical waveguides in this order, from among light beams in the forward direction transmitted from the end face of the first single mode optical waveguide, a first light beam and a second light beam are transmitted through the third region and the fourth region, respectively, and they are transmitted through the second birefringent element, thereafter, the first and second light beams have no optical path difference regardless of polarization and coupled to the second single mode optical waveguide. From among light beams in the reverse direction transmitted from the end face of the second single mode optical waveguide, a third light beam and a fourth light beam are transmitted through the first region and the second region, respectively, and they are transmitted through the first birefringent element, thereafter, the optical path difference of a half wavelength is generated between the third and fourth light beams regardless of polarization and not coupled to the first single mode optical waveguide.




---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-339848

(43)公開日 平成10年(1998)12月22日

(51)Int.Cl.  
G 0 2 B 27/28

識別記号

F I  
G 0 2 B 27/28

A

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全5頁)

(21)出願番号

特願平9-149087

(22)出願日

平成9年(1997)6月6日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 岩塚 信治

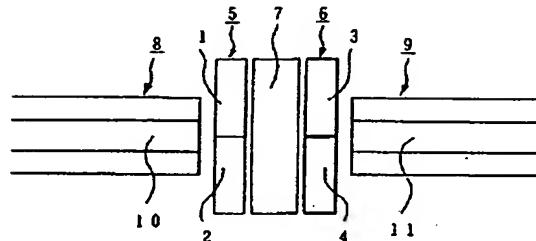
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティーディーケイ株式会社内

(54)【発明の名称】 偏光無依存光アイソレータ

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 低損失で、全く新しい素子構成による偏光依存性の無い、レンズを用いず光軸調整の不要な光アイソレータを提供する。

【解決手段】 第1と第2のシングルモード光導波路の間に、第1と第2の領域1、2を有する第1の複屈折性素子5、ファラデー回転子7、第3と第4の領域3、4を有する第2の複屈折性素子6をこの順に挿入し第1のシングルモード光導波路の端面から出射した順方向の光の中、第1の光は第3の領域を、第2の光は第4の領域を透過し第2の複屈折性素子を透過後、第1の光と第2の光は偏光によらず光路差が無く、第2のシングルモード光導波路に結合する。第2のシングルモード光導波路の端面から出射した逆方向の光の中、第3の光は第1の領域を、第4の光は第2の領域を透過し第1の複屈折性素子を透過後、第3の光と第4の光は偏光によらず半波長の光路差が生じ、第1のシングルモード光導波路には結合しない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のシングルモード光導波路と第2のシングルモード光導波路の間に、第1の領域と第2の領域を有する第1の複屈折性素子、ファラデー回転子、第3の領域と第4の領域を有する第2の複屈折性素子をこの順に挿入し、第1のシングルモード光導波路の端面から出射した順方向の光の内、第1の領域を透過した第1の光は第3の領域を透過し、第2の領域を透過した第2の光は第4の領域を透過し、第2の複屈折性素子を透過後、第1の光と第2の光は偏光によらず光路差が無く、第2のシングルモード光導波路に結合し、一方、第2のシングルモード光導波路の端面から出射した逆方向の光の内、第3の領域を透過した第3の光は第1の領域を透過し、第4の領域を透過した第4の光は第2の領域を透過し、第1の複屈折性素子を透過後、第3の光と第4の光は偏光によらず半波長の光路差が生じ、第1のシングルモード光導波路には結合しないように構成したことを特徴とする偏光無依存光アイソレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信、光計測において使用される、偏光依存性の無い光アイソレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 偏光依存性の無い光アイソレータは、通常、複屈折素子、ファラデー回転子、レンズ、光ファイバにより構成される。レンズと光ファイバの光軸合わせは高精度に行う必要があり、調整に時間を要するという問題があった。これに対して導波路または光ファイバにレンズを介さず直接光アイソレータを組み込むことにより、光軸調整の不要な光アイソレータが提案されている。

【0003】 特開平4-307512号及び特開平4-349421号には1本の光ファイバを基板に埋め込み、光ファイバを斜めに切断するスリットを基板に形成してそこに光アイソレータ素子（3枚の偏光ビームスプリッタとファラデー回転子、或いは2枚の偏光ビームスプリッタと1/2波長板とファラデー回転子）が埋め込まれた偏光無依存の光アイソレータが記載されている。溝が光ファイバの光軸となす角度と偏光ビームスプリッタの厚さは、光ファイバの屈折角と偏光ビームスプリッタの横ずれ量が相殺するようにならかじめ設定されている。この技術では無調整で容易に組み込み可能な光アイソレータが提供できる。

【0004】 しかしながら、これらの光アイソレータでは、アイソレーションを確保するためには偏光ビームスプリッタの厚さを厚くする必要があるが、素子全体の厚さが厚くなり損失が増大してしまうという問題があった。すなわち、低損失の光アイソレータを実現するのが困難であるという課題があった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 そこで、本発明は低損失で、全く新しい素子構成による偏光依存性の無い、レンズを用いず光軸調整の不要な光アイソレータを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは特開平5-181088号において、複屈折回折素子を用いた新規な偏光依存性の無い光アイソレータを提案した。本発明者はこの複屈折回折素子を用いた光アイソレータをレンズを用いずに、シングルモード光導波路間に直接挿入しても光アイソレータとして動作することを見い出し、本発明を考案するに至った。

【0007】 すなわち本発明の偏光無依存光アイソレータは、第1のシングルモード光導波路と第2のシングルモード光導波路の間に、第1の領域と第2の領域を有する第1の複屈折性素子、ファラデー回転子、第3の領域と第4の領域を有する第2の複屈折性素子をこの順に挿入し、第1のシングルモード光導波路の端面から出射した順方向の光の内、第1の領域を透過した第1の光は第3の領域を透過し、第2の領域を透過した第2の光は第4の領域を透過し、第2の複屈折性素子を透過後、第1の光と第2の光は偏光によらず光路差が無く、第2のシングルモード光導波路に結合し、一方、第2のシングルモード光導波路の端面から出射した逆方向の光の内、第3の領域を透過した第3の光は第1の領域を透過し、第4の領域を透過した第4の光は第2の領域を透過し、第1の複屈折性素子を透過後、第3の光と第4の光は偏光によらず半波長の光路差が生じ、第1のシングルモード光導波路には結合しないように構成したことを特徴とするものである。

## 【0008】

【作用】 本発明の光アイソレータの基本原理を図1を用いて説明する。第1のシングルモード光導波路8と第2のシングルモード光導波路9の間に、第1の領域1と第2の領域2を有する第1の複屈折性素子5、ファラデー回転角が45°を有するファラデー回転子7、領域3と領域4を有する第2の複屈折性素子6がこの順に挿入されている。第1の領域1と第2の領域2の境界面と第3の領域3と第4の領域4の境界面はほぼ同一面上にあり、第1の光導波路8と第2の光導波路9の中心軸がこれらの境界面上にあるように設定されている。

【0009】 第1の光導波路8の端面から出射した順方向の光の内、ほぼ半分の第1の光は第1の領域1を透過し、ファラデー回転子7を透過した後、第3の領域3を透過する。一方残りの第2の光は第2の領域2を透過し、ファラデー回転子7を透過した後、第4の領域4を透過する。領域1、2、3、4の厚さ、複屈折と光学軸を調整することにより、領域3、4を透過した後の第1の光と第2の光は偏光によらず光路差が無いように定め

ているので、シングルモード光導波路の導波モードとはほぼ同じ形状のビームになるため第2のシングルモード光導波路9に結合する。

【0010】逆に、第2の光導波路9の端面から出射した逆方向の光の内、ほぼ半分の第3の光は第3の領域3を透過し、ファラデー回転子7を透過した後、第1の領域1を透過する。一方残りの第4の光は第4の領域4を透過し、ファラデー回転子7を透過した後、第2の領域2を透過する。領域1、2、3、4の厚さ、複屈折と光学軸を調整することにより、領域1、2を透過した後の第3の光と第4の光は偏光によらず半波長の光路差が生じるように定められているので、シングルモード光導波路の導波モードと直交するビーム形状になるため第1のシングルモード光導波路8に結合しない。このように順方向の第1のシングルモード光導波路8から出射した光は第2のシングルモード光導波路9に結合するが、逆方向の第2のシングルモード光導波路9から出射した光は第1のシングルモード光導波路8に結合しないので光アイソレータとして動作する。

【0011】上記シングルモード光導波路としては光ファイバ、ガラス導波路、半導体導波路など、あらゆるものを利用できる。なお導波路から出射した光の拡がり角ができるだけ小さくすること、すなわち出射ビームのスポットサイズができるだけ大きくすることにより、より良好な光アイソレータ特性が得られる。そのため導波路の入出射の導波部分を拡大しておくことが好ましい。また第1の光導波路と第2の光導波路はできるだけ近づけておくことが望ましい。

【0012】

【実施例】波長1550nm用の光アイソレータの実施例について図2を参照して説明する。基板16に埋込まれた、部分的にコアを4倍に拡大したシングルモード光ファイバのコア拡大部分の中心部に溝を形成して、その両側の部分を第1のシングルモード光導波路12、第2のシングルモード光導波路13とした。溝の幅は約400μmとした。これは挿入する光アイソレータの素子の全厚に相当する。

【0013】第1、第2、第3、第4の領域としてはXカット水晶板を用いた。厚さは全て46μmとした。なお波長1550nmにおいて水晶の常光の屈折率は $n_o = 1.52781$ 、異常光の屈折率は $n_e = 1.53630$ 、であり、この厚さは1/4波長板の厚さに相当する。

【0014】ファラデー回転子としては波長1550nmにおける回転角が45°で厚さ300μmのB<sub>i</sub>置換希土類鉄ガーネットを用いた。これらの素子は全て光学接着剤により互いに接着した。

【0015】以下に実施例に用いた構成の場合の動作原理について以下に詳しく説明する。図2において第1の領域1を透過した光はファラデー回転子7を透過した

後、第3の領域3を透過し、第2の領域を透過した光はファラデー回転子7を透過した後、第4の領域4を透過するように構成してある。さらに第1の領域と第2の領域の光学軸は互いに直交しており、第3の領域と第4の領域の光学軸は互いに直交している。また第1の領域と第3の領域の光学軸は互いにほぼ45°の角度をなしており、第2の領域と第4の領域の光学軸は互いにほぼ45°の角度をなしている。

【0016】1) 光ファイバ12の端面から出射した順方向の光で、第1の領域の光学軸に平行な直線偏光の場合

この直線偏光は第1の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第3の領域を常光(屈折率 $n_o$ )として透過する。一方第2の領域を常光(屈折率 $n_o$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第4の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過する。第1、第3の領域を透過する際の光路長は $(n_e + n_o) d$ 、第2、第4の領域を透過する際の光路長も $(n_o + n_e) d$ となり、両者の光路長が等しいので、シングルモード光ファイバの導波モードとほぼ同じ形状のビームになるため光ファイバ13に結合する。ここで $d$ は領域の厚さである。

【0017】2) 光ファイバ12の端面から出射した順方向の光で、第1の領域の光学軸に垂直な直線偏光の場合

この直線偏光は第1の領域を常光(屈折率 $n_o$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第3の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過する。一方第2の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第4の領域を常光(屈折率 $n_o$ )として透過する。第1、第3の領域を透過する際の光路長は $(n_o + n_e) d$ 、第2、第4の領域を透過する際の光路長も $(n_e + n_o) d$ となり、両者の光路長が等しいので、シングルモード光ファイバの導波モードとほぼ同じ形状のビームになるため光ファイバ13に結合する。

【0018】このように順方向の光に対しては偏光に依存せず、光ファイバ13に結合する。

【0019】また1)と2)の2つの直線偏光の光路長も $(n_o + n_e) d$ と等しいので、偏波分散が無い理想的な光アイソレータを実現できる。

【0020】3) 光ファイバ13の端面から出射した逆方向の光で、第3の領域の光学軸に平行な直線偏光の場合

この直線偏光は第3の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第1の領域を異常光(屈折率 $n_e$ )として透過する。一方第4の領域を常光(屈折率 $n_o$ )として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°

回転した後、第2の領域を常光（屈折率 $n_o$ ）として透過する。第3、第1の領域を透過する際の光路長は $(n_e + n_o) d$ 、第4、第2の領域を透過する際の光路長は $(n_o + n_o) d$ となり、光路差が半波長、すなわち $2(n_e - n_o) d = 1550 \text{ nm}/2$ となるので、シングルモード光ファイバの導波モードと直交するビーム形状になるため光ファイバ12に結合しない。

【0021】4) 光ファイバ13の端面から出射した逆方向の光で、第3の領域の光学軸に垂直な直線偏光の場合

この直線偏光は第3の領域を常光（屈折率 $n_o$ ）として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第1の領域を常光（屈折率 $n_o$ ）として透過する。一方第4の領域を異常光（屈折率 $n_e$ ）として透過し、ファラデー回転子を透過した際偏光面が45°回転した後、第2の領域を異常光（屈折率 $n_e$ ）として透過する。第3、第1の領域を透過する際の光路長は $(n_o + n_o) d$ 、第4、第2の領域を透過する際の光路長は $(n_e + n_e) d$ となり、光路差が半波長、すなわち $2(n_e - n_o) d = 1550 \text{ nm}/2$ となるので、シングルモード光ファイバの導波モードと直交するビーム形状になるため光ファイバ12に結合しない。

このようにして作製した光アイソレータの特性を測定したところ、挿入損失0.5 dB、アイソレーションは20 dBという特性が得られ、動作を確認した。

【0022】また第1の複屈折性素子と第2の複屈折素子の厚さは $4.6 \mu\text{m}$ と非常に薄く、光アイソレータの全体の厚さも $4.00 \mu\text{m}$ と薄いため、低損失を実現できた。

【0023】

【変形例】領域1、2、3、4の構成については上記実施例以外に、種々の変形が可能である。実施例では領域1、2、3、4を全て同じ厚さの複屈折材料としたが、厚さの異なるもので構成してもよいし、ある領域を等方性材料で構成してもよい。

【0024】また図3に示すように領域1と領域2、領域3と領域4を交互に回折格子状に構成してもよい。\*

\*【0025】さらに図4に示すように光導波路の端面を斜めに形成してもよい。この場合、境界面からの反射光が戻るのを低減できる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光アイソレータでは、第1の複屈折性素子、第2の複屈折性素子の厚さを従来の偏光ビームスプリッタより薄くでき、かつ光アイソレータ素子の枚数も従来の4枚から3枚と低減したので、低損失かつ低価格のレンズ無しの偏光無依存光アイソレータを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の偏光無依存光アイソレータを示す概略図である。

【図2】本発明の実施例の偏光無依存光アイソレータの概略構成を示す断面図である。

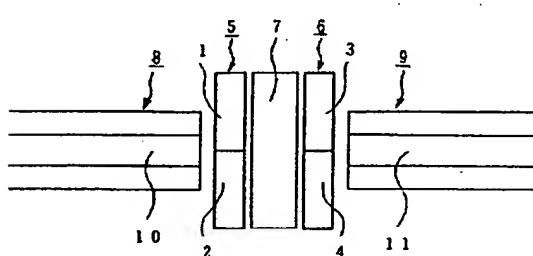
【図3】本発明の変形例の偏光無依存光アイソレータを示す概略図である。

【図4】本発明の他の変形例の偏光無依存光アイソレータを示す概略図である。

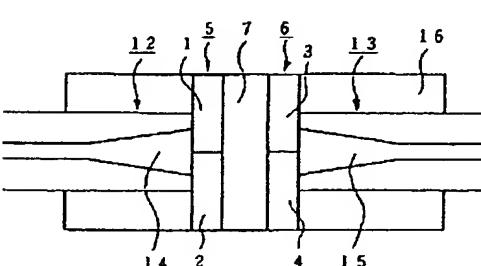
【符号の説明】

- 1 第1の領域
- 2 第2の領域
- 3 第3の領域
- 4 第4の領域
- 5 第1の複屈折素子
- 6 第2の複屈折素子
- 7 ファラデー回転子
- 8 第1のシングルモード光導波路
- 9 第2のシングルモード光導波路
- 10 第1のシングルモード光導波路の導波部分
- 11 第2のシングルモード光導波路の導波部分
- 12 第1の光ファイバ
- 13 第2の光ファイバ
- 14 第1の光ファイバのコア拡大部分
- 15 第2の光ファイバのコア拡大部分
- 16 基板

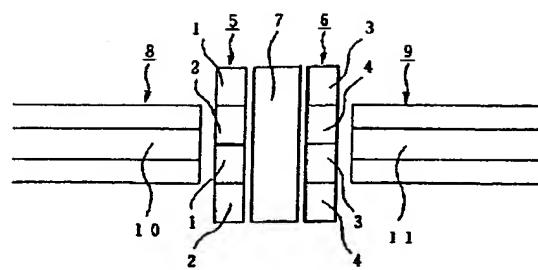
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

